

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЯ СУХИХ КОРМОВ С ЛОПАСТНО-ЛЕНТОЧНЫМ РАБОЧИМ ОРГАНОМ

Коновалов Владимир Викторович, д-р техн. наук, проф. кафедры «Теоретическая и прикладная механика» ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия».

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Кордон Студеный, д. 25А.

Тел.: 8-927-286-85-93.

Терюшков Вячеслав Петрович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия».

440007, Пензенская область, г. Пенза, 1-й Городищенский проезд, д. 7-1.

Тел.: 8(8412) 62-85-79.

Чупшев Алексей Владимирович, канд. техн. наук, ст. преподаватель кафедры «Эксплуатация машинно-тракторного парка» ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия».

440014, Пензенская область, г. Пенза, п. Ахуны, ул. Конструкторская, д.12.

Тел.: 8(8412) 62-85-79.

Коновалов Виктор Владимирович, инженер ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная сельскохозяйственная академия».

440014, Пензенская область, г. Пенза, ул. Кордон Студеный 25А.

Тел.: 8(8412) 62-85-79.

Ключевые слова: смешивание, коэффициент, вариация, неравномерность, мешалка, энергоёмкость, перемешивание, мощность, привод.

Дается описание смесителя непрерывного действия с комбинированным рабочим органом. Представлены результаты экспериментальных исследований смесителя по определению неравномерности смеси, потребляемой мощности, энергоёмкости перемешивания. Обоснованы параметры комбинированного рабочего органа: частота вращения рабочего органа – 240 мин⁻¹ при 6 прутковых лопастях.

Одним из высокоэффективных видов кормовых смесей являются комбикорма как полнорационные для свиней и птицы, так и комбикорма-концентраты для КРС. С целью повышения экономической эффективности использования комбикормов и снижения их стоимости, хозяйства стремятся использовать собственный фураж и покупные БВД, обладающие в составе комбикорма 10-20% массы. К сожалению, далеко не все смесители способны приготавливать смеси надлежащего качества. Вторым недостатком смесителей является высокая энергоёмкость смесеобразования. Существует большое разнообразие указанных устройств, но далеко не все из них способны приготавливать качественную смесь определенной рецептуры в конкретных технологических условиях.

Цель исследований – снижение энергоёмкости приготовления смеси концентрированных кормов (комбикормов-концентратов) при соблюдении зоотехнических требований на качество смеси.

Задачи исследований:

- 1) установление функциональной зависимости между конструктивно-кинематическими параметрами смесителя и показателями технологического процесса;
- 2) выявление оптимальных либо рациональных значений параметров смесителя, обеспечивающих лучшее качество смеси и минимальную энергоёмкость смесеобразования.

Для обеспечения рецептуры комбикормов компоненты данных смесей подлежат дозированию и последующему смешиванию. Под смешиванием понимают процесс равномерного распределения частиц компонентов конкретного корма в общем объеме, в результате чего получают однородную кормовую смесь [1, 2].

Равномерность смеси определяют по формуле

$$V_p = (100 - v). \quad (1)$$

В качестве показателя неравномерности смешивания используют коэффициент вариации v , %, фактического распределения контролируемого или контрольного компонента в пробах [2]:

$$v = 100 \cdot S / \bar{X}, \%, \quad (2)$$

где S – эмпирическое (опытное) среднеквадратическое отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xn_i - \bar{X})^2}{N - 1}}; \quad (3)$$

\bar{X} – среднearифметическое значение контрольного компонента во всех взятых пробах, г;

N – общее количество проб, 15-20 шт.

Чем меньше значение коэффициента вариации v , тем качественнее распределены компоненты в смеси.

Применяемые смесители по принципу действия подразделяют на смесители непрерывные и периодические. При непрерывном дозировании компонентов используют смесители непрерывного действия. Они менее энергоемки, однако соблюдение рецептуры в них сложнее из-за недостаточно точной настройки дозаторов [2-6].

Для смешивания сухих кормов наиболее эффективны смесители с лопастными рабочими органами [7-10]. Из исследований [3, 7, 10] известен ряд рациональных параметров лопастных рабочих органов смесителей. Используя указанные данные, в Пензенской ГСХА был разработан смеситель сухих концентрированных кормов непрерывного действия (рис. 1).

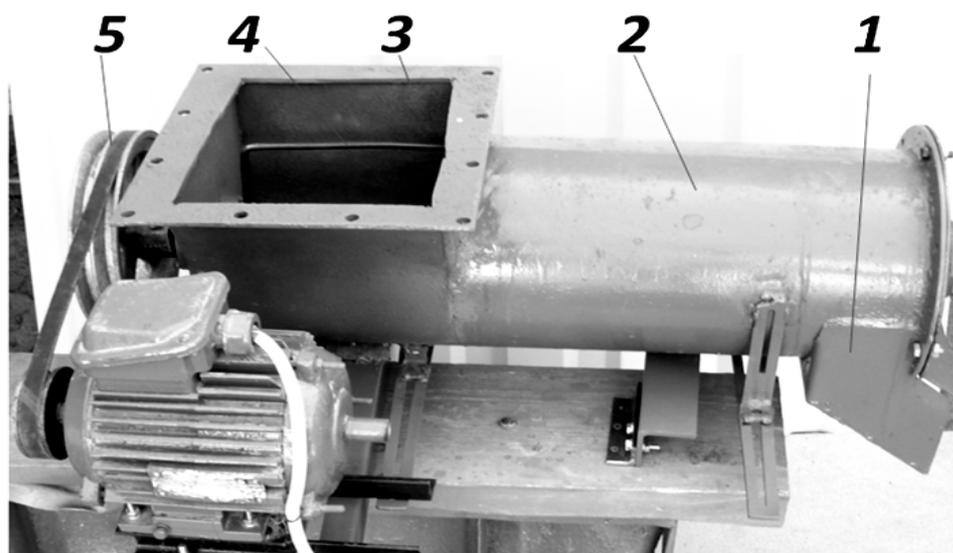


Рис. 1. Смеситель с комбинированным рабочим органом:

1 – выгрузной лоток; 2 – кожух; 3 – загрузная воронка; 4 – рабочий орган; 5 – привод

Смеситель представляет собой горизонтальный кожух 2 с загрузной воронкой 3 и выгрузным лотком 1. Внутри кожуха установлен горизонтальный вал с приводом 5 от электродвигателя через клиноременную передачу. На валу установлен комбинированный рабочий орган 4, который состоит из прутковой П-образной лопастной мешалки, расположенной в районе загрузной воронки 3, и двухзаходного спирально-винтового пруткового конвейера, размещенного в районе цилиндрической части кожуха 2. Компоненты смеси, загружаемые непрерывным потоком в смеситель через загрузную воронку 3, активно перемешиваются внутри кожуха 2 прутковыми лопастями П-образной мешалки в зоне загрузного отверстия. По мере увеличения высоты слоя материала в смесителе в районе загрузной воронки 3, часть материала сыпается под собственным весом и воздействием лопастной мешалки на спирально-винтовой прутковый конвейер. Конвейер транспортирует материал вдоль кожуха к выгрузному лотку 1 и дополнительно перемешивает его.

План проведения исследований соответствовал полнофакторному плану 2^3 . Уровни варьирования факторов соответствовали: количество лопастей мешалки – 3; 4; 6 шт.; частота вращения вала – 110; 230; 350 мин⁻¹. Дополнительные частоты вращения – 180 и 280 мин⁻¹. Методика опытов предусматривала подачу контрольного компонента (зерна ячменя) в количестве 2,5%. Наполнитель: дерть ячменная и пшеничная в пропорции (1:1), насыпной плотностью 710 кг/м³. Количество проб для определения качества смеси – 20 шт. Масса пробы – 100 г.

В результате обработки результатов экспериментов получено выражение неравномерности смеси (коэффициента вариации содержания контрольного компонента в пробах), %:

$$v=118,6483 - 0,52621 \cdot n + 0,00058 \cdot n^2 + 0,034409 \cdot Z \cdot n - 8,09237 \cdot Z - 0,3506 \cdot Z^2, \quad (4)$$

где n – частота вращения рабочего органа, мин⁻¹; Z – количество лопастей рабочего органа, шт.

Коэффициент корреляции $R=0,91789$. Ф-тест = 0,969869.

С увеличением частоты вращения и количества лопастей неравномерность смеси понижается. При доле контрольного компонента в составе смеси 2,5% коэффициент вариации менее 20% соответствует частоте вращения 240 мин⁻¹ и более. Лучшие значения показателей соответствуют шести лопастям.

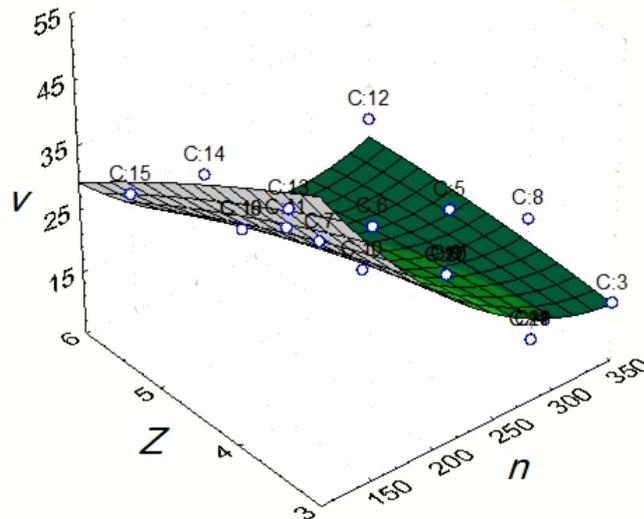


Рис. 2. Влияние количества лопастей мешалки Z (шт.) и частоты вращения рабочего органа n (мин⁻¹) на неравномерность смеси v (%)

В результате обработки опытных данных получено выражение, описывающее потребляемую мощность привода смесителя, Вт:

$$W = 812,6077 - 317,216 \cdot Z + 45,76911 \cdot Z^2 + 2,067434 \cdot n + 0,004361 \cdot n^2 - 0,54485 \cdot Z \cdot n. \quad (5)$$

Коэффициент корреляции R=0,95265. Ф-тест 0,86931.

С ростом частоты вращения комбинированного рабочего органа смесителя потребляемая мощность возрастает. Минимальная мощность наблюдается при частоте вращения до 150 мин⁻¹. Количество лопастей, соответствующих минимальной мощности, – 3-5 шт. С увеличением частоты вращения до 350 мин⁻¹ наибольшее затраты мощности соответствуют трем лопастям. Минимум мощности привода при данной частоте вращения смещается к 6 лопастям. Это связано с уменьшением эквивалентной вязкости сыпучих материалов при росте частоты воздействия на них. Чем выше частота воздействий, тем большее количество материала находится во взвешенном состоянии, отдаленно напоминающем псевдокипящий слой. Это уменьшает сопротивление материала движению лопастей.

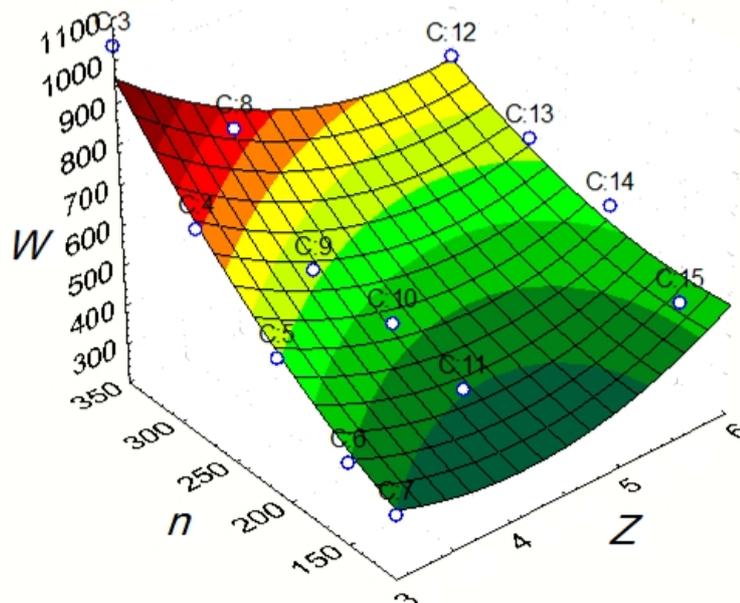


Рис. 3. Влияние количества лопастей мешалки Z (шт.) и частоты вращения рабочего органа n (мин⁻¹) на мощность, потребляемую приводом смесителя W (Вт)

В результате расчета и обработки данных получено выражение, описывающее энергоемкость смесеобразования, Дж/кг:

$$Y = 439,41 + 1,318673 \cdot n + 0,001381 \cdot n^2 - 0,23547 \cdot Z \cdot n - 183,533795 \cdot Z + 24,41775 \cdot Z^2. \quad (6)$$

Коэффициент корреляции $R=0,95818$. Ф тест = 0,884772.

С ростом частоты вращения рабочего органа энергоёмкость возрастает по зависимости близкой к линейной. Это связано с ростом мощности на привод смесителя. При малой частоте вращения (до 200 мин⁻¹) минимум энергоёмкости приходится на 4-5 лопастей. При частоте вращения 300 мин⁻¹ и выше минимум энергоёмкости смещается к 5-6 лопастям. Самая высокая энергоёмкость наблюдается при 3 лопастях и наибольшей частоте вращения.

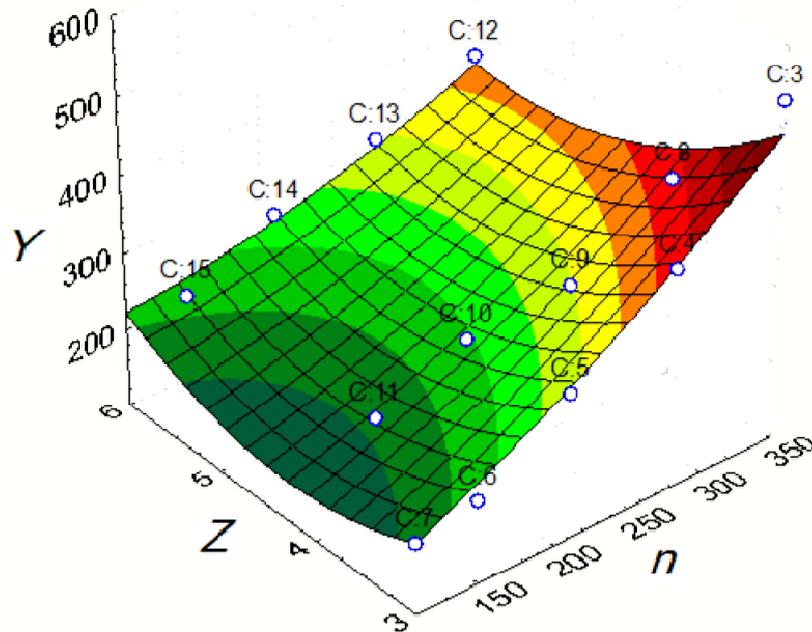


Рис. 4. Влияние количества лопастей мешалки Z (шт.) и частоты вращения рабочего органа n (мин⁻¹) на энергоёмкость смешивания Y (Дж/кг)

Энергоёмкость смесеобразования, скорректированная с учетом равномерности смеси, Дж/кг, определяется по формуле

$$Y_k = \frac{Y}{1-0,01 \cdot v} \quad (7)$$

В результате расчета и обработки данных получено выражение энергоёмкости смесеобразования с учетом равномерности смеси, Дж/кг:

$$Y_k = 1138,738 - 0,408 \cdot n + 0,00272 \cdot n^2 - 0,00718 \cdot Z \cdot n - 353,296 \cdot Z + 35,53292 \cdot Z^2 \quad (8)$$

Коэффициент корреляции $R=0,90007$. Ф-тест 0,821174.

Характер изменения значений данного показателя близок к изменению энергоёмкости смесеобразования. Однако наибольшие значения скорректированной энергоёмкости соответствуют как трем, так и шести лопастям при наибольшей частоте вращения рабочего органа. Минимум энергоёмкости наблюдается при 5-ти лопастях.

Тем самым, количество лопастей 5 шт. является оптимальным значением по критерию энергоёмкости смесеобразования, скорректированной с учетом равномерности смеси. Однако, учитывая незначительное изменение энергоёмкости при 5 и 6 лопастях, а также лучшие качественные показатели смеси при частоте вращения рабочего органа более 300 мин⁻¹ и при 6 лопастях, данные конструктивно-кинематические параметры следует считать рациональными значениями и использовать их при последующем обосновании технологических параметров (производительности и доле контрольного компонента) смесителя.

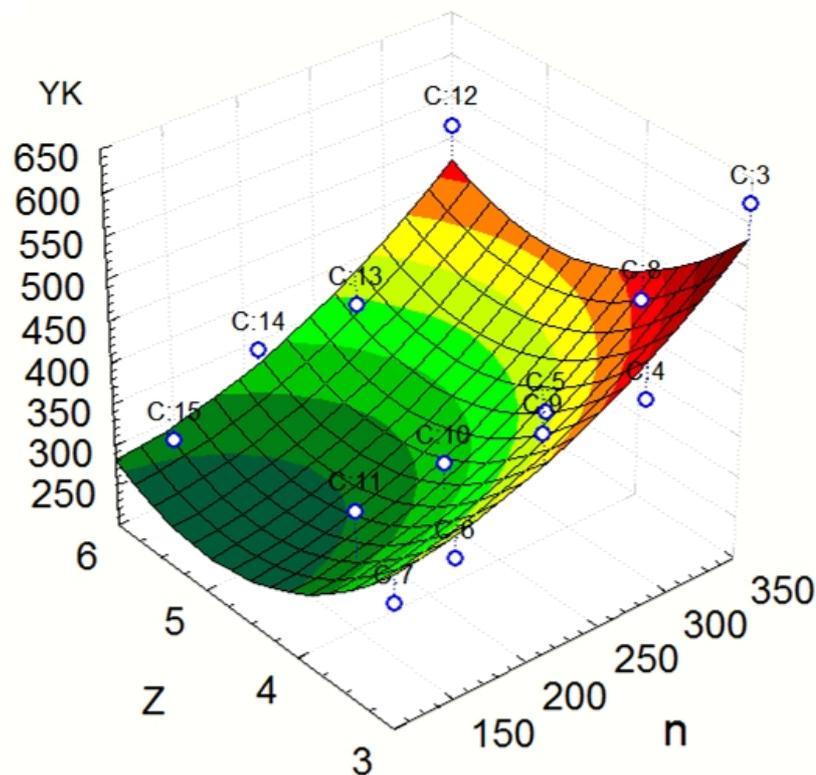


Рис. 5. Влияние количества лопастей мешалки Z (шт.) и частоты вращения рабочего органа n (мин⁻¹) на скорректированную энергоёмкость смешивания Y_k (Дж/кг)

При малых частотах вращения рабочего органа (150-200 мин⁻¹) минимальная энергоёмкость процесса соответствует 4-5 лопастям, однако при этом наблюдается низкое качество (неравномерность) приготавливаемой смеси. Лучшие значения качества смеси соответствуют частоте вращения 300-350 мин⁻¹ при количестве лопастей 6 шт. Учитывая стабилизацию величины коэффициента вариации контрольного компонента в пробах (неравномерность смеси) дальнейшее увеличение частоты вращения для повышения качества смеси не целесообразно. При частоте вращения 300-350 мин⁻¹ меньшие значения мощности и энергоёмкости смещаются от трех к шести лопастям.

Для выявления зоны технологической работоспособности предлагаемого смесителя требуется проведение дополнительных исследований по выявлению влияния доли контролируемого компонента и производительности смесителя на качество смеси.

Таким образом, наиболее оптимальными параметрами рабочего органа предложенного смесителя является количество П-образных лопастей мешалки равное шести при частоте ее вращения 300-350 мин⁻¹.

Библиографический список

1. Сыроватка, В. И. Новые технические решения приготовления комбикормов в хозяйствах / В. И. Сыроватка, Н. В. Обухова, А. С. Комарчук // Кормопроизводство. – 2010. – №7. – С. 42-45.
2. Коновалов, В. В. Повышение эффективности средств механизации приготовления и выдачи кормосмесей в свиноводстве : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.20.01 / Коновалов Владимир Викторович. – Пенза, 2005. – 24 с.
3. Коновалов, В. В. Оптимизация параметров смесителя по минимуму энергоёмкости перемешивания / В. В. Коновалов, А. В. Чупшев, С. С. Петрова // Известия Самарской ГСХА. – 2009. – №3. – С. 72-76.
4. Мишин, К. М. Устройство для внесения жира в концентрированные корма / К. М. Мишин, В. В. Коновалов, А. А. Курочкин // Техника в сельском хозяйстве. – 2004. – №2. – С. 9-10.
4. Иноземцева, Л. В. Влажный корм аппетитней / Л. В. Иноземцева, В. В. Коновалов // Сельский механизатор. – 2002. – №10. – С. 22.
5. Власов, А. А. Обоснование вероятностными методами параметров смесительной камеры при взаимодействии потоков компонентов / А. А. Власов, В. В. Коновалов // Вестник СГАУ им. Н. И. Вавилова. – 2003. – №3. – С. 63-66.
6. Кухарев, О. Н. Результаты исследований барабанного дражироватора / О. Н. Кухарев, И. Н. Сёмов, А. М. Чирков // Нива Поволжья. – 2010. – №1. – С. 54-57.
7. Терюшков, В. П. К вопросу влияния высоты слоя корма и диаметра лопасти на перемещение материала / В. П. Терюшков, А. В. Чупшев, В. В. Коновалов // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве с/х продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства : сб. науч. докл. XVI Международной науч.-практ. конференции. – Тамбов : Изд-во Першина РВ, 2011. – С. 64-67.

8. Новиков, В. В. Обоснование параметров лопастной мешалки / В. В. Новиков, С. П. Симченкова, В. И. Курдюмов // Вестник Ульяновской ГСХА. – 2011. – №2. – С. 104-108.
9. Коновалов, В. В. Теоретическое обоснование основных конструктивных и режимных параметров смесителя кормов периодического действия / В. В. Коновалов, А. В. Чупшев / Научно технический прогресс в сельскохозяйственном производстве : мат. Международной науч.-практ. конф. – Минск : НПЦ НАН Беларуси по механизации с/х, 2011. – Т. 2. – С. 148-153.
10. Чупшев, А. В. Экспериментальные исследования смесителя кормов / А. В. Чупшев, В. В. Коновалов, С. В. Гусев // Нива Поволжья. – 2008. – №2. – С. 69-75.